Community Currency Trading Method through Partial Transaction Intermediary Process

Kunihiko Kido Non-member (Hitachi, Ltd., kido@sdl.hitachi.co.jp)

Seiichi Hasegawa Non-member (Kuriyama Community Network, hase@iki2.jp)

Norihisa Komoda Member (Osaka University, komoda@ist.osaka-u.ac.jp)

Keywords : Community Currency, Coordinator, Multi-Agent Simulation

1. Overview of Community Currency

A community currency is local money that is issued by local government, NPO (Non-Profit Organization) to support social services. The purpose of introducing community currencies is to regenerate communities by fostering mutual aids among community members. In a community currency activity, matching between service users and service providers is important to improve the flow of service exchanges. However, there are local regions that can't adopt operations in which coordinators perform intermediary process because of restricted budget.

2. Community Currency Trading Method through Partial Transaction Intermediary Process

We propose community currency trading method through partial intermediary process (Fig.1), under operational environments without introducing coordinators all the time. In this method, coordinators perform coordination between service users and service providers during several months from the start point of transactions. After the period of coordination, participants spontaneously make transactions based on their trust area and a trust evaluation method in terms of the number of provided services and complaint information. The trust area represents the set of participants that can be reached within n -hops through their social network.

In the period of coordination, coordinators perform coordination based on complaint information.

After the period of coordination, a service user can select a service provider from their trust area. If the service user cannot find service providers within their trust area, they search for other trust areas and select a service provider from participants with the larger number of provided services.

After the transactions, if there is no complaint for the provided services, the edge between the service user and the service provider is generated in a social network.

3. Simulation Results

We evaluated the proposed method through multi-agent simulation. In this simulation, we expressed a social network among participants by using Watt's β graph with a rewiring probability p .

Each agent had the level of trust that is randomly assigned by Weibull distribution (α : shape parameter). The level of trust represents the threshold of the number of transactions over which service users can trust service providers. The number of

transaction of the proposed method was higher than that of the method introducing the trust evaluation method only (Fig. 2).

Fig. 1. Community currency trading method through partial transaction intermediary process

Fig. 2. Change in the number of transactions

コーディネータを常設しない地域通貨取引における 部分的取引仲介による地域通貨運用方法の提案

非会員 木戸 邦彦* 非会員 長谷川 誓一**
正 員 薦田 憲久***

Community Currency Trading Method through Partial Transaction Intermediary Process

Kunihiko Kido*, Non-member, Seiichi Hasegawa**, Non-member, Norihisa Komoda***, Member

A community currency is local money that is issued by local governments or Non-Profit Organization (NPO) to support social services. The purpose of introducing community currencies is to regenerate communities by fostering mutual aids among community members. In this paper, we propose a community currency trading method through partial intermediary process, under operational environments without introducing coordinators all the time. In this method, coordinators perform coordination between service users and service providers during several months from the start point of transactions. After the period of coordination, participants spontaneously make transactions based on their trust area and a trust evaluation method based on the number of provided services and complaint information. This method is especially effective to communities with close social networks and low trustworthiness. The proposed method is evaluated through multi-agent simulation.

キーワード：地域通貨，コーディネータ，マルチエージェント・シミュレーション

Keywords : Community Currency, Coordinator, Multi-Agent Simulation

1. はじめに

地域通貨取引では、取引を活性化するためにはサービス依頼者とサービス提供者のマッチングが重要であるが、これまで我々の研究グループではコーディネータによる仲介方法⁽¹⁾⁻⁽³⁾を提案してきた。本方法は、取引を集中管理し、コーディネータが信頼のおける提供候補者の中から、取引が可能な限り成立するよう提供者を見つけ出す取引仲介を行うため取引数が拡大するが、見ず知らずの相手からサービス提供を受ける機会も多くなることから、少なからずサービス利用者にとり取引相手に対する不安などの心理的負担をかける。この対策として、取引関係にもとづき取引グループを形成し、極力グループ内でサービス交換を行う運用をと

ることで、この問題を軽減する方法を提案した⁽⁴⁾。しかしながら、各参加者が持つ知人関係を考慮せずに取引が進むため、既存の交友関係が犠牲になるという課題が残る。また、地域によってはコスト面等の制約からコーディネータを常時雇用できず、取引仲介処理を行う運用を取らないケースも多い⁽⁵⁾。

本論文では、上記コーディネータを常設せずに、各参加者が自律的に地域通貨取引を行う運用を取り上げる。コーディネータによる取引仲介処理を行わないケースでは、参加者間の信頼感と各参加者の知人関係の状態が、地域通貨取引に影響を及ぼす。たとえば参加者間の信頼感が低い場合には、サービス依頼者は信頼できる身近な参加者からサービス提供者を選ぶ傾向が強くなることが想定される。この場合、取引対象者が制限されることから、取引の大幅な拡大は期待できないが、身近な参加者からサービスを受けることができ安心感は高くなる。しかし、各参加者が持つ知人関係を越えて取引を拡大するとき、取引相手の信頼をどのように評価し、安心感の高い取引を実現するかが課題となる。

ネットオークション⁽⁶⁾では、従来から参加者の信頼度を相互評価する評判メカニズムを導入することで、この問題に対処している。しかし、互助精神の育成を目的とする地域

* (株)日立製作所システム開発研究所
〒224-0817 横浜市戸塚区吉田町 292 番地
Hitachi, Ltd., Systems Development Laboratory
292, Yosida-cho, Totsuka-ku, Yokohama 244-0817

** NPO 法人くりやまコミュニティネットワーク
〒069-1511 北海道夕張郡栗山町中央 3 丁目 324 番地 1
Kuriyama Community Network.
324-1, 3-chome, Chuou, Kuriyama-cho, Yubari-gun, Hokkaido
069-1511

*** 大阪大学大学院情報科学研究科
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1
Osaka University, Graduate School of Information Science and
Technology.
2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

通貨の場合、サービスに対する評価はなじまない。また活動を開始して間もない取引初期では、取引数が少ないため評価メカニズムが働かない。加えて、取引初期時点での知人関係が閉鎖的である場合、取引量は急には増えず、評価メカニズムが機能するまでに時間がかかるという課題がある。

本論文ではこの課題を解決するために、まず参加者の信頼度の評価指標として取引提供量と苦情情報を採用する。そして、取引初期時点で知人関係が閉鎖的な場合に、取引量を増やして評価メカニズムを早期に機能させるために、取引の一定期間のみコーディネータが取引仲介処理を行なう地域通貨運用方法を提案する。これにより、自律的な地域通貨取引のメリットである、既存の交友関係をベースとした取引を活かしつつ、取引数を一定レベルまで引き上げ、コーディネータがいなくなった後も、そのレベルを中・長期的に維持できる状態を実現し、取引数を確保することを目指す。

そして、マルチエージェント・シミュレーションにより、提案方法の有効性を確認する。特に、取引初期時点で知人関係が閉鎖的で、参加者間の信頼感が低い場合に提案方法が有効であること、および、従来法である取引を集中管理して取引仲介処理を行う方法に比べて、既存の交友関係をベースとした安心感が高い取引を可能にし、コーディネータに関わるコストを削減しつつ、取引数を一定レベルまで拡大・維持できることを示す。

2. 自律的な地域通貨取引における課題

〈2・1〉 地域通貨取引の仕組み 地域通貨活動の参加者は、地域通貨支援システムに口座を開設し、氏名・住所・連絡手段（電話番号、電子メールアドレス等）および提供可能なサービスと提供条件（曜日、時間、時間長など）を登録する。

ここで各取引において、サービスを依頼する参加者をサービス依頼者、サービスを提供する参加者をサービス提供者と呼ぶことにする。また、サービス依頼者にサービス提供者を仲介する場合、その仲介者をコーディネータ^{(1)・(3)}と呼ぶことにする。

まず、参加者がサービスを依頼する時、サービス名・希望日時・時間長などを地域通貨支援システムに登録する。各サービス依頼に対して、サービス依頼者自ら、あるいは、コーディネータが、登録サービス、口座情報、取引履歴にもとづき、参加者の中から適切なサービス提供者を選出する。コーディネータが仲介する場合には、メール等の手段によりサービス提供者がサービス依頼者に紹介される。そしてサービス依頼者は、選出されたサービス提供者に連絡した後に、サービス提供を受け、サービス依頼者からサービス提供者に対して地域通貨の支払が行なわれる。このとき、地域通貨の清算状況は口座データベースに記録される。

〈2・2〉 自律的な地域通貨取引の特徴 本論文では、上記地域通貨取引のうち、参加者が自律的に取引を行う場合

を取り上げる。参加者による自律的な取引では、まず、各参加者の知人数や、各参加者の知人関係にもとづき、異なるサービスがどれだけ提供されるかに関する異質度が重要である。さらに、見ず知らずの相手に対してサービス依頼を行う場合、心理的な障壁がある。これを参加者間の信頼感のレベルと呼ぶ。また知人関係の連鎖により、どの範囲の参加者まで信頼するかの、信頼領域の広さの設定も重要である。

このような観点から、自律的な地域通貨取引に関する特徴を明らかにする。まず、信頼感の観点で問題が少ない、身近な参加者からサービス提供者を見つけ出せる機会が多ければ取引数は伸びる。すなわち、信頼領域内での異質度が大きいほど取引活性化の観点からは好ましい。人的ネットワークの構造の観点から言えば、取引初期時点で、各参加者がより多くの知人を持っていることが、取引活性化の観点で重要である。

一方、信頼領域外からサービス提供者を探す場合には、参加者間の信頼感のレベルが取引の活性化に影響を及ぼす。地域通貨を導入する地域の信頼感のレベルが低い場合には、顔見知りの範囲外の参加者との取引が増加しない。したがって、特に地域の信頼感のレベルが低い場合、取引を活性化するためには、取引相手の信頼性評価を支援する仕組みが重要になる。

〈2・3〉 信頼性評価に関する課題 ここで地域通貨の場合、ネットオークションで採用されているサービス内容を相互評価する仕組みの導入は好ましくない。地域通貨の導入目的は、サービス交換を通じた互助精神の育成にある。5段階評価など、サービス内容を直接的に評価する仕組みの導入は、互助精神育成の目的にそぐわない。また、地域通貨活動の参加者には、小学生や高齢者などが含まれるが、このような社会的弱者にサービスレベルを評価させる運用も無理がある。また、相互評価の仕組みを導入したとしても、活動を開始して間もない取引初期では、取引数が少ないため評価メカニズムが働きにくい。

一方、サービス内容の直接的な評価の代わりとして、取引提供量を利用することが考えられる。これは、約束の時間を厳守しないなど信頼に欠ける参加者は、サービス依頼者から敬遠され取引提供量が伸びない。逆に、信頼のおける参加者の取引提供量は増大するためである。

しかしながら、取引提供量にもとづく信頼性評価においても、取引がある程度まで進まないと機能しない。したがって、特に取引初期時点では、身近な参加者間での取引が行われる傾向が強くなるが、各参加者の知人関係が閉鎖的など人的ネットワークの構造が悪く、信頼領域の異質度が低いと取引数が伸びない。

以上から、参加者による自律的な地域通貨取引においては、取引初期時点での異質度が低く、また、参加者間の信頼感が低い状態にあると取引が停滞する。また、取引提供量にもとづく信頼性評価が機能するまでに時間がかかるという課題がある。取引を活性化するためには、この課題を

改善する対策が必要となる。

3. 部分的取引仲介による地域通貨運用方法

〈3・1〉 提案方法の概要 取引初期時点の人的ネットワークの状態を改善するために、図 1 に示す部分的取引仲介による地域通貨運用方法を提案する。本提案方法では、取引初期の一定期間に取引仲介期間を設ける。取引仲介期間後は、参加者による自律的な地域通貨取引が行なわれる。

まず取引を開始する前に、各参加者は各自の知人関係を地域通貨支援システムに登録する。この知人関係により人的ネットワークと各参加者の信頼領域が定義される。

この知人関係に関する人的ネットワークは、各参加者をノード、参加者間の知人関係をノード間のエッジにより表現することで構成される。この時、参加者 A の信頼領域は、上記人的ネットワークのエッジにもとづき、参加者 A のノードから n ホップ先の範囲内にあるノードに対応した参加者の集合と定義する。そして信頼領域の広さは、 n の大きさを意味する。

提案方法の具体的な手順は次のとおりである。

ステップ 1 最初に、取引仲介期間および取引仲介期間以降のどちらも、各参加者は各自の信頼領域から提供候補者を探す。このとき、各参加者の取引初期時点での信頼領域の参加者をサービス提供者として優先する。もし提供候補者が複数存在する場合、地域通貨の所持額が最も少ない者をサービス提供者として優先する。取引初期時点での信頼領域内に提供候補者が存在しない場合には、下記ステップ 3 により、取引が進むにつれ拡大するサービス依頼者の信頼領域全体から提供候補者を探索し、もし提供候補者が複数存在する場合、地域通貨の所持額が最も少ない者をサービス提供者として優先する。

ステップ 2 各参加者が上記信頼領域内で提供候補者を見つけ出すことが出来なかった場合、取引仲介期間と取引仲介期間以降で手順が異なる。

・取引仲介期間

コーディネータが取引仲介処理を行う。取引仲介処理では、サービス依頼者のサービス条件にマッチした、苦情のない提供候補者の中から、地域通貨の所持額が最も少ない参加者をサービス提供者として選ぶ。

・取引仲介期間以降

各参加者が取引提供量と苦情情報による信頼性評価にもとづき、信頼領域外から提供候補者を探し、地域通貨の所持額が最も少ない参加者をサービス提供者として選ぶ。

ステップ 3 取引終了後に、コーディネータあるいは参加者自身が、地域通貨支援システムが提供する人的ネットワーク拡大処理機能を使用し、取引関係のあったサービス依頼者とサービス提供者の間でエッジを形成する。取引が繰り返されることで人的ネットワークが拡大し、各参加者の信頼領域は拡大する。ただし、提供されたサービスに対して不満がある場合には、このエッジは形成しないものとする。

図 1 部分的取引仲介による地域通貨運用方法

Fig. 1. Community currency trading method through partial intermediary process.

上記、取引仲介期間を設けることで、取引提供量による信頼性評価を機能させる取引量まで、早期に引き上げることが可能となる。また、信頼領域の異質度が低い場合でも、取引仲介により取引初期時点の人的ネットワークが拡大するため、取引範囲が拡大する。

〈3・2〉 苦情に関する処理と取引提供量の関係 提供サービスに関する苦情処理のために、サービス利用者が取引終了後に苦情に関する情報を登録できる機能を、地域通貨支援システムに設ける。苦情に関する情報を、参加者全員に公開することはプライバシー上の問題があるため、通常はコーディネータにのみ閲覧を許可する。ただし、苦情が頻繁に寄せられる参加者が存在する場合、その参加者が所属する信頼領域内の参加者に対しては、その苦情情報を公開する運用をとる。

取引仲介期間において、参加者が信頼領域内で提供者を見つけ出せない場合には、コーディネータが取引仲介処理を行なうが、このとき上記苦情に関する情報にもとづき、信頼の面で不安のある参加者をサービス依頼者に紹介しない運用をとる。また全取引期間を通じ、各参加者が自律的に地域通貨の取引を行なう場面では、極端に苦情の多い参加者はその苦情情報が信頼領域内に公開されるため、少なくとも苦情の多い参加者への依頼が抑制される。以上から、信頼のおけない参加者の取引は抑制され、逆に信頼のおける参加者の取引提供量は次第に増加することになる。

取引仲介期間以降は、参加者が信頼領域外からサービス提供者を探す場合、コーディネータでないで苦情に関する情報は閲覧できない。しかし、取引仲介期間を経た後は、信頼のおける参加者は取引提供量の拡大が期待できるため、取引提供量を取引相手の信頼度の評価指標として利用

することができる。

〈3・3〉 取引相手の信頼性評価の考え方 本提案方法における取引相手の信頼性の評価は、信頼領域内の取引と信頼領域外の取引において考え方が異なる。まず、信頼領域内の取引においては、知人関係にもとづく人的ネットワークをベースにサービス提供者を探し出すことで取引相手を信頼する。特に、取引後のサービス依頼者とサービス提供者によるエッジ形成に際して、提供サービスに対して不満がある場合、このサービス提供者とのエッジは形成しない。これにより、人的ネットワークおよびこの人的ネットワークをベースとした信頼領域の質が維持される。

一方、信頼領域外の取引において、取引仲介期間では、コーディネータが苦情情報にもとづき取引仲介処理を行なうことを担保に、取引相手を信頼することになる。また、取引後に形成するサービス依頼者とサービス提供者とのエッジについて、信頼領域外の信頼面で不安のあるサービス提供者とのエッジは形成されないことから、信頼領域内の取引と同様に、人的ネットワークおよびこの人的ネットワークをベースとした信頼領域の質が維持される。最後に、取引仲介期間以降の信頼領域外の取引においては、取引提供量が多い取引相手を信頼することになる。

4. 地域通貨取引のマルチエージェントモデルと人的ネットワークのグラフ表現

本章では、3章の提案方法をシミュレーション評価する準備として、地域通貨取引のマルチエージェントモデルと人的ネットワークに関するグラフ表現について説明する。

〈4・1〉 地域通貨取引のマルチエージェントモデル

地域通貨活動の事例によれば、地域通貨活動全体の枠組みは、地域通貨取引を行う場と、地域通貨活動に伴う参加者間の相互作用による社会学習の場からなると考えることができる。既出論文⁽³⁾にならい、この2つの場の働きをマルチエージェントモデルにて表現する。まず、各参加者をエージェント A_i ($i=1\cdots n$) として表現し、コミュニティ活動への積極性を表す共感度 E_i ($i=1\cdots n$) を持つとする。またエージェントは、地域通貨の取引参加数 T_i ($i=1\cdots n$) を記憶している。ここで取引参加数 T_i は、サービスの利用量とサービスの提供量に関する一定期間内の累積和とする。

地域通貨取引の場では、各エージェントが利用確率 P_i ($i=1\cdots n$) にもとづき取引を行う。この利用確率 P_i ($i=1\cdots n$) は、共感度 E_i の影響を受ける。同様に、各エージェントがサービスの提供依頼がなされたとき、その依頼を受諾する受諾確率 Q_i ($i=1\cdots n$) も共感度 E_i の影響を受ける。

ここで図2の「社会学習(1)」では、各エージェントの共感度 E_i の平均や取引参加数平均に関する情報が参加者に伝わる。このとき各参加者は、上記情報から各自の規範にもとづき、今後の活動水準を決める共感度を変化させ取引量を調節する。具体的には、共感度 E_i を増減させ、地域通貨サービスの利用確率 P_i と受諾確率 Q_i を変化させる。この共感度 E_i の増減の仕方を決める規範としての行動変容ル

図2 地域通貨取引のマルチエージェントモデル

Fig. 2. Multi-agent model of community currency transactions.

ルは、エージェントごとに個性を持たせ、次のとおり8ビットの遺伝子で表現する。

まず、周辺参加者の共感度の平均と各自の共感度との差、周辺参加者の取引参加数の平均と各自の取引参加数との差について、その符号の組み合わせは正・正、正・負、負・正、負・負の4通りがある。そして、4通りの組み合わせごとに、「共感度を増加させる」「減少させる」「現状維持」の3つの振る舞いがある。これをビット列で表現するに際して、在間の方法⁽⁷⁾にならい、8ビットを2ビットずつに分解し、それぞれが上記4通りのケースの振る舞いを規定するものとする。たとえば、共感度の平均と自分の共感度の差が正で、取引参加数の平均と自分の取引参加数の差が正の場合は、8ビットの最上位2ビットに着目し、11の参加者は積極的な参加者を表現し共感度に1加える。また、最上位2ビットが00の参加者は消極的な参加者を表現し共感度から1差し引く。また、01または10の参加者は、中立的な参加者を表現し共感度は現状を維持する。同様に、共感度の平均と自分の共感度の差と取引参加数の平均と自分の取引参加数の差が、正・負の場合は次の2ビット、負・正の場合はその次の2ビット、負・負の場合は最下位2ビットに着目する。

最後に、図2の「社会学習(2)」は所定の利得関数にもとづき実施される。

〈4・2〉 提案方法での社会学習 提案方法は、各参加者の信頼領域にもとづき地域通貨取引を行うため、図2の「社会学習(1)」はこの信頼領域にて行うのが自然である。すなわち、信頼領域内の共感度の平均や取引参加数平均に関する情報は、人的ネットワークを介して信頼領域内を伝播する。そして、この情報と各参加者が所有する行動変容ルールにもとづき、共感度が定期的書き換わるものとする。また提案方法において、図2の「社会学習(2)」は、取引経験者を学習の場に参加させるよう、運営団体が促す

運用を行うものとする⁽³⁾。

〈4・3〉 人的ネットワークのグラフ表現 提案方法の有効性をシミュレーション評価するためには、人的ネットワークの構造が地域通貨取引に与える影響を調べる必要がある。この目的に対して、本論文では Watts の β グラフ⁽⁸⁾により人的ネットワークを表現する。Watts の β グラフは、グラフのノード数と位数を固定した正則グラフに対し、各ノードのエッジを確率 p にもとづきリワイアリングする。確率 p を 0 から 1 に変化させることで、正則グラフからランダムグラフへと連続的に変化させることができる。

ここで、上記グラフ構造の変化と異質度の関係について説明する。まず p が 0 に近づくと、正則グラフに近づくためグラフの最小パス長が大きくなり⁽⁸⁾、少ないホップ数で到達できる参加者が限られるため、提供されるサービス数に限界が生じ異質度は下がる。したがって、各参加者の信頼領域内では、取引相手が見つからず取引不成立となる可能性が高まる。逆に p が 1 に近くなるにつれ、グラフの最小パス長が小さくなり⁽⁸⁾、少ないホップ数で到達できる参加者数が増大するため、信頼領域内で提供されるサービス数が拡大することで異質度が向上する。

5. シミュレーション評価

〈5・1〉 人的ネットワークと信頼感の取引への影響 提案方法の比較対象として、まず、部分的取引仲介を行わず取引提供量と苦情情報による信頼性評価のみ導入した運用方法について、人的ネットワークと信頼感の影響を調べる。この時、マルチエージェント・シミュレーションの利得関数および各種パラメータは既出論文⁽³⁾と同じとした。この各種パラメータは、北海道栗山町の第 2 次エコマネー流通実験のデータにもとづいており、553 名のエージェントが 475 のサービス項目について取引を行う。また、ランダムに 10% の参加者を選び信頼できない参加者とした。そして、信頼できない参加者との取引においては、サービス依頼者が 80% の確率で苦情を登録するとした。ボランティアサービスの場合、参加者はサービスに対して高い質を求めているわけではない。したがって、苦情が発生するのは、極端にサービス内容が悪い場合である。この場合、当該サービス提供者の活動に対する基本姿勢に、そもそも問題があることが想定されるため、このような参加者がサービス提供者になった場合には、苦情が高い確率で発生するとした。

また、各参加者の信頼領域を 3 ホップ先の範囲とした。地域通貨は、新しい人と人の結びつきを拡大することが目的にある。したがって、各参加者は身近な知人よりも少し遠めの参加者との取引を試みるので、若干大きめのホップ数を設定した。そして、信頼のできない参加者の苦情が 3 件に達した時点で、その参加者が所属する信頼領域内にその苦情情報を公開する運用を採用した。

ここで、人的ネットワークと信頼感の影響を調べるために、553 ノード、位数 4 の正則グラフをベースとした Watts の β グラフに対して、確率 p と参加者間の信頼感のレベル

図3 β グラフの最小パス長の平均

Fig. 3. Average minimum path length for β graph.

を変化させ取引の推移を調べる。

図3は、確率 p を 0.1 から 1.0 まで 0.1 ずつ変化させた各 β グラフについて、任意の 2 ノード間の最小パス長に関する平均値をプロットしたものである。確率 p が増加するにしたがい、最小パス長の平均値は急速に減少するが、 $p=0.5$ からこの減少は緩やかになる。したがって、 β グラフの確率 p については、 $p=0.1$ を各参加者の信頼領域が平均的に狭く異質度が低い例とし、 $p=0.5$ を各参加者の信頼領域が平均的に広く異質度が高い例として採用した。

ここで各参加者に、提供候補者の取引提供量がどのレベルであれば相手を信頼するかの閾値を持たせる。たとえば、取引への心理的障壁が低い参加者は、1 回以上の取引経験者を信頼する。逆に心理的障壁が高い参加者は、3 回以上の取引経験者でないと信頼しないことになる。この取引提供量の受容のようなタイプのアンケート調査においては、平均値等の推定にワイブル分布による生存分析を行うことが多い。そこで各参加者への閾値の割り振りは、ワイブル分布にもとづき乱数を生成し、その整数部分に 1 を加えた数値を割り付けた。極端に大きい閾値を持つ参加者は、活動そのものに参加しないことが想定できるため、閾値のばらつきは小さいと考えられる。よって、ワイブル分布の形状母数 m は、分布が対称的な形状で裾野が短い 3 に設定した。また、尺度母数 α を 1~3 とした。各 $\alpha=1\sim3$ のときの平均値は、それぞれ 0.3, 1.2, 2.1 近辺の値となる。すなわち α が小さいほど、上記閾値の平均値が下がることから、参加者間の信頼感のレベルが高いことになる。

図4は、 $p=0.1$ と $p=0.5$ の場合の、20 回試行による 10 日単位での取引平均の推移である。 $p=0.1$ の場合、取引初期時点において急速に取引数が伸びるものの、取引平均が 0.7~0.8 回付近で飽和する。一方、 $p=0.5$ の場合も、取引初期時点において急速に取引数が伸び、最終的に取引平均が 0.8~0.9 回付近のレベルまで達する。しかし、 $\alpha=3$ の場合、取引

図4 人的ネットワークと信頼感の地域通貨取引への影響

Fig. 4. The influence of social network and trust for community currency transactions.

平均が 0.9 回付近に達するまで、300 日程度かかってしまう。

$p=0.1$ の場合、各参加者の信頼領域の異質度が低いので、信頼領域内の取引数に限界があり、取引数が伸びないために取引提供量による信頼性評価のメカニズムが十分に働かない。したがって、 $p=0.5$ の場合に比べると取引数のレベルがさがらる。特に、 $\alpha=3$ のように参加者間の信頼感が低いと、取引初期時点での信頼領域外への取引が期待できないため、 $\alpha=1$ に比べると取引数のレベルが下がってしまう。

〈5・2〉 提案方法との比較 図 5、図 6 は、取引仲介期間を 50 日、100 日、200 日に変化させた場合の提案方法と取引提供量と苦情情報による信頼性評価のみを導入した運用方法について、20 回試行による 10 日単位での取引平均の推移を示したものである。取引量の落ち込みに着目すると、取引仲介期間を 200 日に設定するのが良いことがわかる。

提案方法は、取引初期時点から取引平均が 1.1~1.2 回に達し、全取引期間を通じてこのレベルを維持できる。そして、取引提供量と苦情情報による信頼性評価のみ導入した運用方法と比べて、高い水準で取引が安定し、全期間を通じて 1.2~1.3 倍程度、取引平均が改善する。図 5、図 6 では、異質度は大きい ($p=0.5$) が信頼感が低い ($\alpha=3$) 場合と、異質度は小さい ($p=0.1$) が信頼感が低い ($\alpha=1$) 場合とを比較したが、異質度も信頼感も低い状態であれば提案方法はさらに有効性を発揮する。なお、信頼領域がホップ数 2 の場合に同様なシミュレーションを行うと、取引仲介期間を 350 日程度に設定すると、ホップ数 3 と同様なレベルまで取引数を引き上げることができた。したがって、500 名程度の地域通貨活動の場合は、取引仲介期間を最長でも 1 年に設定すれば十分であることがわかる。

次に、取引の信頼性を評価するために、取引に占める苦情件数の割合の推移を調べた (図 7 参照)。提案方法の苦情

図5 取引数の推移 ($p=0.1$, $\alpha=1$)

Fig. 5. Change in the number of transactions ($p=0.1$, $\alpha=1$).

図6 取引数の推移 ($p=0.5$, $\alpha=3$)

Fig. 6. Change in the number of transactions ($p=0.5$, $\alpha=3$).

件数の割合は、取引提供量と苦情情報による信頼性評価のみ導入した運用方法と比べて改善する。これは、取引仲介期間において、コーディネータが苦情情報にもとづき取引仲介処理を行なうため、信頼の面で不安のある参加者が信頼領域に取り込まれにくくなるためである。

以上から、提案方法は取引の信頼性を維持しつつ、取引初期時点から取引平均のレベルを改善できる。

〈5・3〉 従来法との比較 取引の拡大と知人関係をベースとした取引の安心感確保にはトレードオフの関係があり、従来法である取引グループ形成などの集中管理型の取引仲介方法⁽⁴⁾と、本論文の提案方法のどちらかが一方的に優れるということはない。

図7 苦情件数の割合の推移

Fig. 7. Change in the rate of complaints for provided services.

図9 知人同士での取引推移

Fig. 9. Change in the number of transactions among acquaintances.

図8 取引数の推移

Fig. 8. Change in the number of transactions.

取引グループ形成の方法では、全体の取引を俯瞰するなかで、コーディネータが取引仲介および社会学習の仲介を行うために取引数は継続的に拡大する。一方、本論文における提案方法は、取引仲介期間後に取引を各参加者の自律性に任すため、取引数の継続的な拡大は期待できない(図8参照)。

一方、取引の安心感に関しては、全取引に占める取引初期時点の知人からサービス提供を受ける割合について比較する。まず、取引日 t における全取引を $T(t)$ とする。そして各取引 $tr \in T(t)$ のサービス提供者に関して、サービス依頼者の取引開始時点における信頼領域への所属関係を表現する関数を $\delta(tr)$ にて表現する。また、 $|T(t)|$ は取引日 t における

取引総数とする。このとき次式は、取引日 t における、全取引に占める取引初期時点の知人からサービス提供を受けた取引の割合を表す。

$$S(t) = \left(\sum_{tr \in T(t)} \delta(tr) \right) / |T(t)| \quad (1)$$

ここで、提案方法と従来法について、式(1)の $S(t)$ の推移を比較する。図9は、従来法と提案方法について、20回試行による10日単位での $S(t)$ の平均値の推移である。従来法は全期間を通じて 0.05~0.09 であり、参加者が持っている既存の知人関係が取引に考慮されていないことがわかる。一方、提案方法は 0.3~0.5 であり、従来法に比べると大幅に改善する。すなわち提案方法は、全取引の 30%程度はサービス利用者の知人からサービスを受けることが可能であり、安心感の面では提案方法が優れていると言える。

6. まとめ

本論文は、コーディネータを常設せず、各参加者が自律的に地域通貨取引を行う運用を取り上げた。そして、取引の一定期間は取引仲介処理を行うものの、それ以後は各参加者の拡大された人的ネットワークと、取引提供量と苦情情報による信頼性評価をベースに、各参加者が自律的に地域通貨取引を行う運用方法を提案した。

マルチエージェント・シミュレーションによる評価結果によれば、取引初期時点での人的ネットワークや信頼感が悪い状態において、提案方法が特に有効であることがわかった。そして、取引を集中管理してコーディネータが取引仲介処理を行う方法に比べて、安心感が高い取引を可能にし、コーディネータに関わるコストを削減しつつ、取引数を一定レベルまで拡大できることがわかった。

なお、コーディネータを常設し取引仲介を行う運用においても、自律的に取引を行いたいという参加者がいる可能性がある。この場合、本論文における提案方法とコーディネータによる取引仲介方法を組み合わせた、ハイブリッドな運用も考えられる。この場合、コーディネータに関わるコストが削減できないデメリットがあるが、取引の安心感の向上が期待できるメリットもある。この組み合わせを含め、今後、実フィールドでの実証実験にて検証を行っていく。

(平成 17 年 9 月 7 日受付, 平成 18 年 1 月 16 日再受付)

文 献

- (1) K. Kido, J. Yamaguchi, T. Sekozawa, K. Haruna, and H. Toyosima : "Development and Evaluation of Regional Community Regeneration Supported Systems by Introducing Community Currencies", IPSJ-GN, 2002-GN-42, pp.31-36 (2002-1) (in Japanese)
木戸邦彦・山口 淳・瀬古沢照治・春名公一・豊島 久:「地域貨幣導入による地域コミュニティ創生支援システムの開発と評価」, 情報処理学研報, 2002-GN-42, pp.31-36 (2002-1)
- (2) K. Kido, K. Haruna, S. Hasegawa, and T. Kato : "Trustable Coordinator Supported Value-Exchange Systems of Voluntary Services in Communities", Proc. The 46th Meeting of The Int. Soc. for the Syst. Sciences (ISSS), 2002-078, CD-ROM (2002-8)
- (3) K. Kido, S. Hasegawa, and N. Komoda : "Community Currency Trading Method and Evaluations by Multi-Agent Simulation", IEE Japan, Inf. Syst., IS-05-25, pp.41-45 (2005-6) (in Japanese)
木戸邦彦・長谷川誓一・薦田憲久:「地域通貨の仲介方式とマルチエージェント・シミュレーションによる評価」, 電気学会情報システム研資, IS-05-25, pp.41-45 (2005-6)
- (4) K. Kido, S. Hasegawa, and N. Komoda : "Enhanced Community Currency Trading Through Transaction Group Formation", Proc. Int. Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation (CIMCA'2005) (2005-11)
- (5) 新しい経済活動をともなう地域経済の活性化に関する研究会:「新しい経済活動をともなう地域経済の活性化に関する研究会」報告書, (財)地域活性化センター (2004-3)
- (6) 根来龍之・木村 誠: ネットビジネスの経営戦略—知識交換とバリューチェーン, 日科技連 (1999)

- (7) K. Zaima : "An Agent-Based Simulation on Decision Process toward Uniformity of Community", Bulletin of the Senshu Univ. Res. Institute of Commerce, Vol.34, No.7, pp.1-17 (2003)
在間敬子:「コミュニティ形成のエージェントベースシミュレーション—豊島産業廃棄物不法投棄事件を題材に—」, 専修大学商学研究報, 34, 7, pp.1-17 (2003)
- (8) D.J. Watts : Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness, Princeton Univ. Press (2003)

木戸 邦彦

(非会員) 1965 年生。1991 年 3 月東京理科大学大学院理学研究科数学専攻修了。同年(株)日立製作所入社。システム開発研究所勤務。電子自治体, 地域情報化等の研究開発に従事。IEEE などの会員。

長谷川 誓一

(非会員) 1956 年生。1979 年 3 月淑徳大学福祉学部卒業。同年栗山赤十字病院に勤務。2003 年 4 月から「NPO 法人くりやまコミュニティネットワーク」の理事長も勤務。

薦田 憲久

(正員) 1950 年生。1974 年 3 月大阪大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。システム開発研究所勤務。1991 年 4 月大阪大学工学部情報システム工学科助教。現在, 同大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻教授。工博。情報システムの研究に従事。電気学会 2000 年度進歩賞などを受賞。IEEE などの会員。